6Ч

УДК 004.8

М.О. Чибирова [1], Г.С. Сергушин [2], О.О. Варламов[2], Д.В. Елисеев[3], А.М. Хадиев [2]
[1] ФГАОУ ВПО Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», НИИ МИВАР
Россия, 115409, г. Москва, Каширское ш., 31
[2] ФГБОУ ВПО Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), НИИ МИВАР
Россия, 125319, г. Москва, Ленинградский пр-кт, 64
[3] ФГБОУ ВПО Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана), национальный исследовательский университет
Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5

Реализация общедоступного миварного универсального решателя задач на основе адаптивного активного логического вывода с линейной сложностью и облачных технологий

M.O. Chibirova[1], G.S. Sergushin[2], O.O. Varlamov[2], D.V. Eliseev[3], A.M. Hadiev [2]
[1] National Research Nuclear University "MEPhI", Mivar SRI
Russia, 115409, c. Moscow, Kashirskoye shosse 31
[2] The Moscow state automobile & road technical university (MADI), Mivar SRI
Russia, 125319, c. Moscow, Leningradskiy Prosp., 64
[3] Bauman Moscow state technical university, national research institute
Russia, 105005, c. Moscow, Baumanskays 2-ya, 5

The implementation of the universal solver based on adaptive logical conclusion with linear complexity and cloud technologies

М.О. Чібірова[1], Г.С. Сергушин[2], О.О. Варламов[2], Д.В. Єлісєєв[3], А.М. Хадієв[2]
[1] ФДАОЗ ВПО Національний дослідний ядерний університет «МІФІ», НДІ МІВАР
Росія, 115409, м. Москва, Каширське шосе, 31
[2] ФДБОЗ ВПО Московський автомобільно-дорожний державний технічний університет (МАДІ), НДІ МІВАР
Росія, 125319, м. Москва, Ленінградський пр-кт, 64
[3] ФДБОЗ ВПО Московський державний технічний університет ім. Н.Е. Баумана (МГТУ ім. Н.Е. Баумана), національний дослідний університет
Росія, 105005, м. Москва, 2-а Бауманська вулиця, б. 5

Данное исследование направлено на создание логического искусственного интеллекта и его применение в различных предметных областях. Предложено развитие миварной теории путем перехода от формализма «правила – переменные» к формализму «отношения – правила – переменные» в миварных сетях и введением многоуровневого и многомерного представления правил. Представлены результаты создания новой версии миварного универсального решателя задач УДАВ, способного выполнять адаптивный активный логический вывод на двухуровневом представлении «отношения – правила – переменные». УДАВ реализован на основе облачных технологий и размещен на сайте wwww.mivar.org. Экспериментально подтверждена теоретическая линейная вычислительная сложность логического вывода и автоматического

конструирования алгоритмов решения различных задач на основе миварных сетей и продукций вида «если – то – иначе».
Ключевые слова: мивар, миварные сети, искусственный интеллект, универсальный решатель задач, логический вывод с линейной вычислительной сложностью, экспертные системы, активные базы данных.

The aim of our research is to create a logical artificial intelligence and its applications in various domains. Proposed development of Mivar theory consist in moving from formalism «rules – variables» to the formalism of «relationship – rules – variables» in such networks and in introduction of multi-level and multi-dimensional representation of the rules. A new version of the universal problem solver is able to perform adaptive logical conclusion based on a two-level conception of «relationship – rules – variables». The latest version is based on cloud technologies. The latest version of UDAV is based on cloud technologies and is available on site wwww.mivar.org. Experimentally confirmed the theoretical linear complexity of logical conclusion and automatic construction of algorithms for solving various problems on the basis mivar networks and productions of the form «if – then – else». In the long term UDAV can almost completely replace the human operator in automated data processing systems and control systems.
Keywords: mivar; mivar net's, artificial intelligence, universal solver, the logical conclusion linear complexity, expert systems, active databases.

Дане дослідження спрямоване на створення логічного штучного інтелекту та його застосування у різних предметних областях. Запропонований розвиток міварної теорії шляхом переходу від формалізму «правила – змінні» до формалізму «відношення – правила – змінні» в міварних мережах і введення багаторівневого і багатовимірного представлення правил. Представлені результати створення нової версії міварного універсального розв’язника задач УДАВ, здатного виконувати адаптивний логічний вивід на дворівневому представленні «відношення – правила – змінні». УДАВ реалізований на основі хмарних технологій і розміщений на сайті wwww.mivar.org. Експериментально підтверджена теоретична лінійна обчислювальна складність логічного виводу й автоматичного конструювання алгоритмів розв’язання різноманітних задач на основі міварних мереж і продукцій виду «якщо – то – інакше».
Ключові слова: мівар, міварні мережі, штучний інтелект, універсальний розв’язник задач, логічний вивід з лінійною обчислювальною складністю, експертні системи, активні бази даних.

В областях автоматизированных систем обработки информации (АСОИ), автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и информационной безопасности (ИБ) достижения информатики, кибернетики и искусственного интеллекта всегда используются в первоочередном порядке. Это отражает необходимость автоматизации и ускорения выполнения сложных функций в автоматизированных системах обработки информации и АСУТП. Отметим, что в процессе проведения автоматизации и развития информатики за последние тридцать лет многие задачи в автоматизированных системах обработки информации и АСУТП хорошо теоретически описаны и с ними справляются операторы систем. Эти операторы действуют по заранее разработанным инструкциям и алгоритмам принятия решения, которые описываются в виде причинно-следственных зависимостей – продукций «если-то». Конечно, не все задачи в автоматизированных системах обработки информации и АСУТП можно описать в таком виде, но те задачи, которые можно описать продукциями «если-то», требуют логического подхода к своему решению.

Важно подчеркнуть, что начиная с 2002 года в публикациях [1-17] доказано, что существует линейной вычислительной сложности логический вывод на правилах «ЕСЛИ-ТО» в формализме миварных сетей (MIVAR net's). Этот метод реализован в виде программного комплекса УДАВ [2], [6]. Подробно миварный метод логического вывода с линейной вычислительной сложностью, относительно количества правил, описан в научных статьях, размещенных на общедоступных ресурсах в Интернете [3-5]. Таким образом, опровергнут очень устойчивый среди некоторых ученых миф о том,

что логический вывод является NP-полной задачей. Кардинальное снижение вычислительной сложности логического вывода открыло новые возможности по созданию сложных гетерогенных АСОИ и АСУТП реального времени.

В работах [7-11] миварные технологии уже применялись для успешного решения некоторых задач в области информационной безопасности, автоматизированных системах обработки информации и АСУТП. В работе [12] описано построение нового миварного информационного пространства данных и правил, которое является основой эволюционного накопления информации. Особо необходимо отметить предложенные в работах [15-16] новые миварные самоорганизующиеся программно-аппаратные комплексы оперативной диагностики (СПАКОД), которые решают сложные и важные задачи в информационной безопасности, автоматизированных системах обработки информации и АСУТП с выполнением требований своевременности, полноты и достоверности обработки информации. Учитывая новые возможности применения мобильных роботов, в работе [17] были показаны варианты встраивания миварных технологий в робототехнические системы. Отдельным направлением развития является разработка модели представления знаний при создании адаптивной информационной системы на основе миварного информационного пространства [18-23]. Следовательно, развитие миварных технологий и он-лайн реализация универсального решателя задач на основе адаптивного активного логического вывода с линейной вычислительной сложностью относительно правил в виде причинно-следственных связей «если-то» является актуальной и практически значимой задачей для решения многих проблем в автоматизированных системах обработки информации и АСУТП.

Развитие миварных технологий и решение задач треугольников

Сразу отметим, что непосредственно ознакомиться с примерами практической работы он-лайн версии программного комплекса УДАВ можно на сайте www.mivar.ru. Сейчас там реализовано, например, решение геометрических задач с треугольниками. Суть решения состоит в том, чтобы из известных формул составить конкретный алгоритм решения поставленной задачи в формате: «ДАНО – НАЙТИ», затем подставить значения и провести необходимые вычисления. Ранее подобные задачи относили к классу задач интеллектуальных пакетов прикладных программ (ИППП). Суть проблемы состояла в том, что есть набор прикладных программ (сейчас наиболее адекватное название – «сервисы»), которые могут решать различные задачи. На вход поступали некоторые значения переменных и надо было найти значения других выделенных переменных в формате «Дано. Найти». В некотором роде подобные задачи называли: «управляемые потоком входных данных», так как в зависимости от поступления входных данных, надо было строить различные алгоритмы нахождения требуемых переменных.

Для расширения возможностей подобного моделирования и было предложено использовать миварную модель данных «вещь-свойство-отношение». Взаимосвязи между объектами предметной области описываются причинно-следственными зависимостями формата «если-то, иначе», который может быть сведен в простейшем варианте к представлению в виде продукций «если-то». Подобный класс задач, с точки зрения искусственного интеллекта, относится к экспертным системам, универсальным решателям задачам, автоматизированным системам управления и т.п. Основную сложность составляет создание алгоритма, что по существу является классической задачей логического вывода на продукциях.

Рассмотрим, для примера, решение задач школьной геометрии про треугольники. В нашем случае, показанном на указанном сайте, используется: 72 объекта (углы, стороны, высоты и т.д.) и 237 правил (в любой момент времени можно добавлять объекты и правила). Решение задач состоит в том, что по заданному набору входных параметров («дано») надо найти выходные параметры («найти»). Известно два «традиционных» решения:

1) искать логический вывод от «дано» к «найти» (на предикатах);

2) заранее построить все алгоритмы для любых наборов «дано – найти».

В первом случае сложность определяется количеством правил, если вспомнить что логический вывод считался NP-полной задачей, то получаем: 237! (факториал). Для второго случая под каждый набор входных и выходных данных требуется заранее составить до 72! программ. Общеизвестно, что оба этих варианта не осуществимы на практике.

Есть третий вариант: миварные сети, которые управляются потоком входных данных и могут автоматически конструировать алгоритмы с линейной вычислительной сложностью логического вывода. Программа «УДАВ» решает все задачи для 72 объектов и 237 правил в реальном времени.

Переход от формализма «правила-переменные» к формализму «отношения-правила-переменные» в миварных сетях

На сайте www.mivar.org размещена новая версия УДАВ и использованы облачные технологии. В новой версии добавлена возможность объединять группы правил в отношения. С научной точки зрения это означает расширение возможностей по обработке информации и переход от формализма «правила-переменные» к формализму «отношения – правила – переменные» в миварных сетях.

В области АСУТП в настоящее время можно внедрять интернет-технологии в производство. Появляются интегрированные системы управления, объединяющие все уровни управления производством. Будем понимать под системами управления совокупность различных объектов, имеющих некую взаимосвязь между собой, позволяющую производить (также упрощать, облегчать) действия, направленные на объекты (как части системы, так и других систем и отдельных объектов) для получения определённого результата. Основой создания прототипа системы управления послужил логический вывод на правилах «ЕСЛИ-ТО-ИНАЧЕ» в формализме миварных сетей (MIVAR net's). В режиме реального времени решаются задачи с большой размерностью, например, задача «треугольники» с 237 правилами продукционного вида «если – то». Однако в задачах такого типа значения были фиксированы (значение либо есть, либо нет), в зависимости от этого срабатывало определенное правило. Для логического универсального решателя задач этого было достаточно, но не совсем подходило для применения в решении задач в области АСУТП. Основным ограничением было то, что АСУТП использует аналоговые датчики, в то время как миварный подход на примере треугольников имитирует дискретные логические системы (модели): сигнал или есть, или его нет.

Особенностью предметной области АСУТП является то, что используются диапазоны некоторых величин. Первоначально для решения этой проблемы для каждого диапазона приходилось создавать отдельную переменную. Фактически получалось, что вместо одной переменной, например, температуры, создавалось 3 различных

переменных: «температура в диапазоне», «температура ниже диапазона», «температура выше диапазона». Такой подход позволил применять миварные сети для АСУТП, но ему были присущи следующие недостатки: недостаточная универсальность, увеличение количества переменных и правил, возможность получения противоречивых значений (когда трем переменным одной температуры могли присвоить разные значения) и т.д. Кроме того, есть определенные процессы, где количество диапазонов одной переменной большое. Некоторые управляющие воздействия зависят от набора переменных, например, давление, влажность, температура.

Для решения этой проблемы предложено собирать группы взаимосвязанных правил в отношения. В задачах решения треугольников это выглядит следующим образом. В геометрии для треугольников применяют различные формулы – зависимости между определенными значениями. Например, формула: сумма углов треугольника равна 180 градусам. Эта формула связывает три переменные – три значения углов в треугольнике. Ранее для каждой переменной создавалось свое правило и эта формула записывалась в миварной сети в виде трех разных правил. Теперь все эти три правила можно объединить в одно отношение, т.е. отношение становится аналогом конкретной математической формулы. Такое отношение записывается в миварной сети. Потом для этого отношения формируются все необходимые правила: в нашем примере будет отношение «сумма углов» и три правила к нему, выражающие величину каждого угла.

Это делает миварную матрицу двухуровневой, где на первом уровне записываются только отношения и это позволяет значительно сократить размерность миварной матрицы. А на втором уровне для каждого отношения записываются его правила. При анализе построения алгоритма сначала используются только отношения, а если выбирается какое-то отношение, то для конкретного алгоритма из этого отношения на втором уровне выбирается одно из возможных правил. Теперь сам алгоритм в основном работает на уровне отношений и это значительно сокращает размерность миварной матрицы и ускоряет получение решения.

Важно отметить, что введение «уровней миварной матрицы» является развитием теории миварных сетей. Если можно вводить два уровня представления матрицы «отношения» и «правила» для АСУТП, то теоретически для других предметных областей количество уровней может быть любым необходимым числом, а, возможно, даже и перейти в многомерное пространство – теория миварных технологий это позволяет выполнить достаточно просто и эффективно в многомерном информационном пространстве [6], [11-16]. В основе новой системы лежит технология представления информации в виде трехмерного миварного пространства. Каждый элемент системы находится в трех множествах:

1) V– множество названий вещей (объектов);
2) S – множество свойств объекта (правила, связывающие объекты);
3) O – множество отношений объекта.

Опишем это подробнее. Для построения миварных сетей и последующего применения вычислительных алгоритмов сначала формируется список объектов – это датчики или результаты измерений, промежуточные или расчетные переменные и требуемые значения параметров. Затем определяется список всех вычислительных процедур, процедур получения результатов измерений, логических правил перехода между разными процедурами и т.п. На последнем этапе выявляются и фиксируются взаимосвязи объектов и правил, т.е. формируется логическая схема проведения измерений и обработки их результатов. Кроме того, удобно использовать ветвление в зави-

симости от входных параметров (если-то-иначе). Алгоритм данного процесса представлен на рис. 1. Это привело к значительному сокращению переменных, что повлекло уменьшение продолжительности работы программы. Кроме того, преимуществами нашего нового подхода является исключение противоречивых ситуаций (нескольким переменным, соответствующим одному процессу с разными диапазонами, присваивается значение истины). На практике получаем, что можно расширять (или создавать новый) используемый набор объектов, отношений и правил, создав или изменив «входной» XML файл (эта функция доступна после регистрации). Для добавления объектов в этом файле предусмотрена секция parametrs, в которую для каждого нового параметра необходимо добавить строку parametr со следующими данными:

– идентификатор параметра (переменная id),

– значение параметра (переменная value),

– описание параметра для отображения в интерфейсе программы (переменная description).

Секция relations отображает отношения между объектами, где множество:

Y – выходные параметры,

X – входные.

Для создания нового отношения необходимо добавить строку relation с указанием параметров и их связи.

Для добавления нового правила предусмотрена секция rules, в которую для каждого нового правила необходимо добавить строку rule.

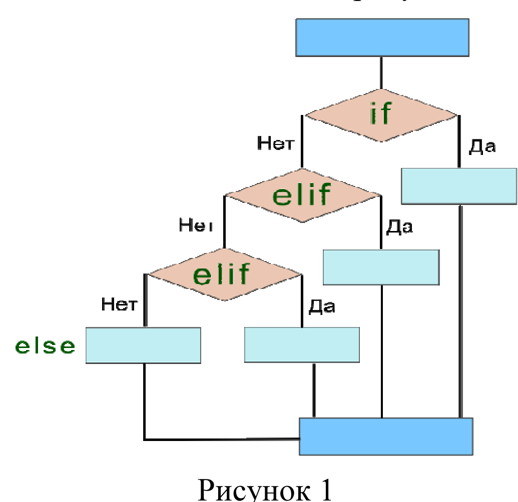


Рисунок 1

Напомним, что мивары быстрее, чем продукции, потому что:

– в продукциях за основу поиска были взяты правила, которые перебирались для поиска решения, что порождало полный перебор, факториальную сложность и циклы;

– в миварных сетях явно выделены две доли: «правила» и «объекты» («переменные»), а за основу поиска алгоритма логического вывода взяты именно «объекты», которые могут иметь только одно значение и их можно найти только один раз, что исключает циклы и полный перебор (напомним, что миварные сети представляют собой этот ориентированный двудольный граф [3-6]);

– миварная сеть может быть задана двухмерной матрицей, в которой каждое правило знает все свои входные и выходные объекты, а каждый объект, соответственно, знает все свои правила и свои роли в них («вход» или «выход»), что позволяет избежать перебора и постепенно выявлять новые известные объекты через соответствующие

правила, постоянно сокращать размерность исходной миварной матрицы, обеспечивая линейную вычислительную сложность логического вывода относительно общего количества правил в матрице.

Особенно отметим, что представленные результаты значительно превышают «мировой уровень» научных исследований, так как впервые в мире предложено важнейшее решение по логической обработке продукционных правил с линейной вычислительной сложностью. В настоящее время «движок» УДАВ выполняет поиск логического вывода и автоматически конструирует алгоритмы решения задач из готовых модулей-сервисов, управляемых потоком входных данных. На обычном ноутбуке УДАВ обрабатывает более 1,17 млн переменных и 3,5 млн правил формата «если..., то...» (продукции) [3-6]. Программная реализация наглядно доказывает на практике линейную сложность поиска логического вывода, эволюционность и активность работы миварных экспертных систем нового поколения. Для реализации метода логико-вычислительной обработки данных должно быть разработано формализованное описание предметной области. Для этого на основе миварного подхода выделяют основные объекты-переменные и правила-процедуры, а затем создают соответствующие списки «объектов» и «правил» (аналогично двудольному графу миварной логической сети). Теоретические основы миварного метода логико-вычислительной обработки информации (миварного метода) были впервые опубликованы в [1] еще в 2002 году (теоретические основы создания линейного матричного метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети правил). В [3-6] представлены результаты работы миварных сетей.

Выделим **три основных этапа миварной обработки информации**: формирование миварной матрицы описания предметной области; работа с матрицей и конструирование алгоритма решения заданной задачи; по полученному алгоритму выполнение всех вычислений и нахождение ответа.

Первый этап по существу является этапом синтеза концептуальной модели предметной области и ее формализации в виде продукционных правил с переходом на миварные правила. В настоящее время именно этот этап является наиболее сложным и требует участия человека-специалиста (эксперта) для создания миварной модели предметной области.

На втором этапе собственно и выполняется автоматическое конструирование алгоритма решения или логический вывод. Исходными данными для этого являются миварная матрица описания предметной области, а также заданные входные («ДАНО») и искомые («НАЙТИ») объекты-переменные.

На третьем этапе должно выполнятся решение по полученному алгоритму. В новой версии в программном комплексе УДАВ работы по второму и третьему этапам выполнены отдельно. Отметим, что уже создано более 7 различных реализаций миварного метода [3-6]. Часть этих реализаций в виде программных комплексов выделяет все три основных этапа и обрабатывает их отдельно. В данной работе основное внимание уделим программному комплексу УДАВ, в котором все три этапа могут быть совмещены.

Кратко опишем теоретические основы работы миварного метода логико-вычислительной обработки данных [1-6]. Напомним, что практические реализации в виде конкретных алгоритмов и программных комплексов могут отличаться от приведенного описания, которое является наиболее общим и носит теоретический характер. Прежде всего, для миварной сети логических правил, представленной в списочной форме, строится матрица. Затем на основе анализа этой матрицы определяется факт наличия успешного маршрута вывода, потом определяются возможные маршруты логического

вывода, а на последнем этапе из этих маршрутов выбирают «кратчайший», наиболее оптимальный по заданным критериям оптимальности. Пусть известны m правил и n переменных (входящих в правила либо в качестве исходных, активизирующих их, либо в качестве получаемых, то есть выходных). Тогда в матрице $V\ (m \times n)$, каждая строка которой соответствует одному из правил и содержит информацию об используемых в правиле переменных, могут быть представлены все взаимосвязи между правилами и переменными. При этом в каждой строке все входные переменные этого правила на соответствующих позициях матрицы помечаются символом x, все выходные – y; все переменные, которые уже получили в процессе вывода или задания исходных данных некоторое конкретное значение, – z; а все искомые (выходные) переменные, то есть те, которые необходимо «вывести» из исходных (входных) данных, – w. Кроме того, добавим в матрицу V одну строку и один столбец для хранения в них служебной информации. Напомним, что количество служебной информации может видоизменяться для различных конкретных реализаций программных комплексов. Получаем матрицу V размерности $(m+1) \times (n+1)$, в которой отражена вся структура исходной сети правил. Сразу отметим, что структура этой логической сети может изменяться в любое время, то есть это сеть правил с изменяемой (эволюционной) структурой. В работах [3-6] этот метод и приведенный пример описан подробно и с рисунками в формализмах матриц и графов. Напомним, что работы [3-5] находятся в открытом доступе на сайтах соответствующих журналов и препринтов.

Применение облачных технологий для реализации комплекса УДАВ

Дополнительным преимуществом новой версии программного комплекса УДАВ является то, что он реализован на облачных технологиях. При сравнении с локальным размещением программных продуктов облачные технологии дают существенный прирост производительности систем в целом, а также заметную экономию дискового пространства и повышение эффективности использования процессорной мощности. На основе облачных технологий реализована система, позволяющая найти алгоритм и вычислить необходимые параметры модели по массиву входных переменных, т.е. это ядро комплекса УДАВ. Эта реализация базируется на основных принципах миварного подхода и использует все преимущества облачных технологий. Отметим, что реализованная система является универсальным блоком для построения экспертных систем, систем искусственного интеллекта и автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ). На вход системы поступает HTTP запрос типа «POST» с массивом входных данных и списком искомых параметров. Далее, согласно выбранной модели, составляется оптимальный алгоритм для вычисления требуемых параметров. После чего происходит математическое вычисление согласно составленному ранее алгоритму.

Результат работы комплекса УДАВ оформляется в виде ответа на HTTP запрос в виде массива всех известных данных, а также XML кодом с обозначенным порядком запуска необходимых правил.

Комплекс УДАВ расположен на виртуальном сервере одного из крупнейших провайдеров облачных технологий в России – компании DataLine. Текущий сервер соответствует высоким стандартам надежности, как в плане бесперебойности электропитания, так и в плане дублирования сетевого канала связи. Выделенный «облачный сервер» физически имеет в распоряжении два процессора Intel Xeon с восемью дос-

тупными ядрами и частотой 2.67ГГц, 24 Гб оперативной памяти и 150 Гб дискового пространства с непрерывным периодическим резервированием данных на обособленный носитель. Используется операционная система Microsoft Windows Server 2008R2, 64-bit. В качестве внешнего интерфейса для коммуникаций был выбран сервер Apache, в сочетании с интерпретатором языка PHP. Сервер доступен из сети интернет, но имеет несколько степеней защиты от несанкционированного доступа. Для общественного доступа к ограниченному функционалу портала с целью тестирования организован доступ по web – адресу: http://www.mivar.org. В качестве важного преимущества стоит отметить масштабируемость виртуального облака. Для комплекса УДАВ по мере роста количества запросов от пользователей будут выделяться дополнительные ресурсы.

Преимущества и новизна миварного метода обработки

Для универсального решателя задач и экспертных систем на основе продукционного подхода и вместо традиционных однодольных графов необходимо и достаточно использовать двудольные графы миварных сетей. С научно-практической точки зрения основную сложность при использовании миварных систем составляет именно концептуальное, продукционное, описание предметной области и формирование необходимых двух списков: объектов и правил для миварных логических сетей.

Непосредственная обработка проводится на основе универсального механизма. Выделенные правила-процедуры при необходимости могут быть представлены в виде продукций, что соответствует традиционному подходу, но в то же время позволяет реализовать многомерное эволюционное представление данных. Универсальные возможности миварного подхода обусловлены тем, что он обобщает все известные модели данных, включая семантические сети, модель «сущность – связь» и онтологии [4], [10], [15], [18-20]. Преимуществами миварного подхода являются:

– линейная вычислительная сложность и реальное время работы;

– решение логических и вычислительных (и других) задач;

– управление потоком входных данных и оперативная диагностика;

– адаптивное описание и непрерывное решение задач;

активная работа с запросами или уточнениями входных данных на эволюционной сети правил и объектов (самообучение).

Вычислительная сложность миварного метода обработки

Прежде всего, отметим, что миварные сети основаны на том, что каждое правило при решении конкретной задачи запускается максимум один раз. Правило может не запускаться совсем, т.е. 0 (ноль) раз. Но более одного раза его нет смысла запускать и это отслеживается в алгоритме миварного метода обработки.

Есть отдельные модификации («два прохода») миварного метода, когда сначала выполняется поиск «сверху-вниз» и активизируются все возможные правила, а затем выполняется дополнительный проход по матрице «снизу-вверх» и отсекаются лишние правила и оставляются только такие правила, которые необходимы для решения задачи. В таком случае правила рассматриваются 2 раза.

Общее количество действий при миварном методе определяется суммой действий на каждом этапе:

– присваивание известных z и искомых w значений клеткам служебной строки *(m+1)* (общее количество таких действий не более n);

– присвоение признака обработки правил в служебном столбце *(n+1)* (количество действий не более $2m$, но может быть не более числа m);

– присваивание признака известности *(z)* клеткам служебной строки *(m+1)* (общее количество таких действий не более n);

– определение новых значений клеткам строки *(m+1)* (количество таких действий не более n).

Действия на первых этапах выполняются над одним массивом данных – служебной строкой матрицы *(m+1)*. При этом общее, суммарное, количество действий на всех этих этапах не должно превышать общего количества клеток в этой строке, так как обработанные значения «вычеркиваются» и более не обрабатываются. Получаем, что общее количество действий (KD) при миварном методе обработки, то есть его вычислительная сложность, не превышает количества клеток в служебных частях матрицы:

$$O(m+n), \text{ то есть } KD \leq (m+n).$$

В том случае, когда нельзя реализовать предложенные сокращения вычислений, этот метод решает задачу поиска маршрута логического вывода с вычислительной сложностью:

$$KD = O(m*n) => \{KD = O(m*Const) \text{ или } KD = O(Const*n) \text{ или } KD = O(Const*Const)\},$$

то есть имеет место линейная зависимость либо от количества правил (n=Const), либо от количества переменных *(m = Const)*.

Важно отметить, что в худшем случае по каждой клетке «проходят» один раз, что исключает повторы и циклы. Кроме того, каждое правило может запускаться только один и именно этим определяется линейная вычислительная сложность миварного метода поиска логического вывода.

Ведь если каждое правило запускается только один раз, то и максимальное количество операций будет равно количеству правил - здесь именно линейная зависимость. Конечно, у нас есть варианты реализации миварного метода, когда для оптимизации полученного алгоритма решения выполняется два прохода. В такой реализации вычислительная сложность будет квадратичной, относительно количества правил. Но это уже выполняется оптимизация, которая реализуется дополнительным этапом и усложняет алгоритм логического вывода.

В работах [3-6] изложены результаты практической реализации в программном комплексе «УДАВ» миварных сетей. В работе [5] миварные технологии представлены в зарубежных электронных изданиях. Именно в исследовании вопросов описания, обработки и представления контекста ведутся перспективные разработки миваров в новых областях их применения. Следовательно, доказано, что существует достаточно универсальный миварный подход для решения многих практических задач применения информационных систем и процессов с одновременным проведением как логической, так и вычислительной обработки данных.

Выводы

В работе описана реализация общедоступного миварного универсального решателя задач на основе адаптивного активного логического вывода с линейной сложностью и облачных технологий. Миварный подход достаточно универсален для решения

многих практических задач применения информационных систем и процессов с одновременным проведением как логической, так и вычислительной обработки данных. В перспективе УДАВ практически полностью может заменить человека-оператора в автоматизированных системах обработки информации и АСУТП. «Компьютеры значительно поумнели» и можно использовать эти достижения миваров для создания нового поколения информационных технологий в автоматизированных системах обработки информации и АСУТП.

Литература

1. Варламов О.О. Разработка линейного матричного метода определения маршрута логического вывода на адаптивной сети правил / О.О. Варламов // Известия вузов. Электроника. – 2002. – № 6. – С. 43-51.
2. Владимиров А.Н. Программный комплекс «УДАВ»: практическая реализация активного обучаемого логического вывода с линейной вычислительной сложностью на основе миварной сети правил / А.Н. Владимиров, О.О. Варламов, А.В. Носов, Т.С. Потапова // Труды НИИР. – 2010. – Т. 1. – С. 108-116.
3. Варламов О.О. Миварные технологии: переход от продукций к двудольным миварным сетям и практическая реализация автоматического конструктора алгоритмов, управляемого потоком входных данных и обрабатывающего более трех миллионов продукционных правил / О.О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2012. – № 4. – С. 11-33.
4. Варламов О.О. Практическая реализация линейной вычислительной сложности логического вывода на правилах «ЕСЛИ-ТО» в миварных сетях и обработка более трех миллионов правил / О.О. Варламов // Автоматизация и управление в технических системах. – 2013. – № 1 (3); [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL: http://auts.esrae.ru/3-66 (дата обращения: 26.03.2013).
5. Varlamov O.O. MIVAR: Transition from Productions to Bipartite Graphs MIVAR Nets and Practical Realization of Automated Constructor of Algorithms Handling More than Three Million Production Rules / O.O. Varlamov // ARXIV.ORG. 05.11.2011. [Электронный ресурс]. – URL: http://arxiv.org/abs/1111.1321. (дата обращения: 31.01.2013).
6. Варламов О.О. Логический искусственный интеллект создан на основе миварного похода! МИВАР: активные БД с линейным логическим выводом > 3 млн правил => понимание смысла+ сингулярность в виртуальной реальности / Варламов О.О. – Саарбрюкен, Германия : LAP LAMBERT Academic Publishing Gmbh & Co. KG, 2012. – 700 с.
7. Варламов О.О. О системном подходе к созданию модели компьютерных угроз и ее роли в обеспечении безопасности информации в ключевых системах информационной инфраструктуры / О.О. Варламов // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. – 2006. – Т. 62. – № 7. – С. 216-223.
8. Варламов О.О. Подход к защите информации в АСУ оператора связи на основе миварных баз данных и правил / О.О. Варламов, М.Р. Амарян, Л.Е. Адамова [и др.]. // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. – 2003. – Т. 33. – № 4. – С.174-175.
9. Варламов О.О. Особенности защиты персональных данных и информации в АСУ регионального оператора связи / О.О. Варламов, М.Р. Амарян, Л.Е. Адамова // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. – 2003. – Т. 33. – № 4. С. 238-239.
10. Варламов О.О. Подход к защите информации на основе локальных корректировок вычислений и обработки данных / О.О. Варламов, М.Р. Амарян, В.А. Лысаковский, Л.Е. Адамова // Известия Таганрогского государственного радиотехнического университета. – 2003. – Т. 33. – № 4. – С. 239-240.
11. Варламов О.О. Обзор 25 лет развития миварного подхода к разработке интеллектуальных систем и создания искусственного интеллекта / О.О. Варламов // Труды НИИР. – 2011. – № 1. – С. 34-44.
12. Варламов О.О. Основы многомерного информационного развивающегося (миварного) пространства представления данных и правил / О.О. Варламов // Информационные технологии. – 2003. – № 5. – С. 42-47.
13. Варламов О.О. Параллельная обработка потоков информации на основе виртуальных потоковых баз данных / О.О. Варламов // Известия высших учебных заведений. Электроника. – 2003. – № 5. – С. 82.
14. Варламов О.О. Разработка метода распараллеливания потокового множественного доступа к общей базе данных в условиях недопущения взаимного искажения данных / // Информационные технологии. 2003. №1. С. 20.
15. Варламов О.О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации для создания самоорганизующихся комплексов оперативной диагностики / О.О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2003. – № 3. – С. 299.

16. Варламов О.О. Системный анализ и синтез моделей данных и методы обработки информации в самоорганизующихся комплексах оперативной диагностики : дис. … доктора тех. наук / Варламов О.О. – М. : МАРТИТ, 2003. – 307 с.
17. Варламов О.О. Системы обработки информации и взаимодействие групп мобильных роботов на основе миварного информационного пространства / О.О. Варламов // Искусственный интеллект. – 2004. – № 4. – С. 695.
18. Тоноян С.А. Методика модернизации стандартных модулей типовой конфигурации на базе технологической платформы «1С: предприятие 8» с минимальными доработками / С.А. Тоноян, А.В. Балдин, Д.В. Елисеев // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2012. – № 08. – С. 17.
19. Балдин А.В. Обзор способов построения темпоральных систем на основе реляционной базы данных / А.В. Балдин, Д.В. Елисеев, К.Г. Агаян // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2012. – № 08.
20. Балдин А.В. Адаптация темпоральной реляционной модели данных в многомерном пространстве / А.В. Балдин, Д.В. Елисеев // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2011. – № 09. – С. 1.
21. Елисеев Д.В. Алгебра многомерных матриц для обработки адаптируемой модели данных / Д.В. Елисеев, А.В. Балдин // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2011. – № 07. – С. 4.
22. Балдин А.В. Адаптируемая модель данных на основе многомерного пространства / А.В. Балдин, Д.В. Елисеев // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2010. – № 10. – С. 1.
23. Елисеев Д.В. Модель представления знаний при создании адаптивной информационной системы / Д.В. Елисеев // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2010. – № 03. – С. 2.

RESUME

M.O. Chibirova, G.S. Sergushin, O.O. Varlamov, D.V. Eliseev, A.M. Hadiev

The implementation of the universal solver based on adaptive logical conclusion with linear complexity and cloud technologies

This article describes how to create a logical artificial intelligence and its applications in various domains. Proposed development mivarnoy by moving from theory formalism «rules-variables» to the formalism of «relationship rules variables» in mivarnyh networks and the introduction of multi-level and multi-dimensional representation of the rules. The results of a new version of mivarnogo universal problem solvers UDAV. Also in the paper evaluated the prospects of technology development in the future.

Статья поступила в редакцию 26.06.2013.